

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
19. April 2001 (19.04.2001)

PCT

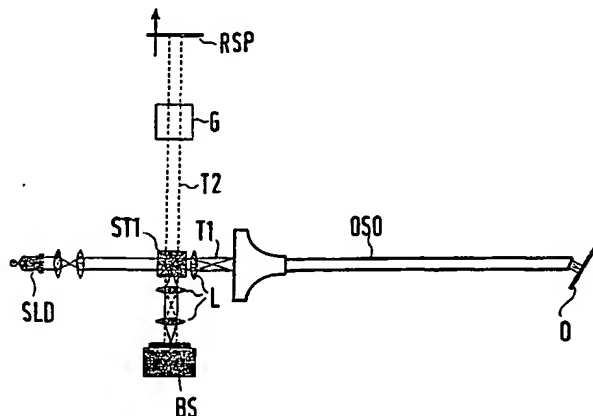
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/27558 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: G01B 11/30 (72) Erfinder; und  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/03547 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): LINDNER, Michael  
(22) Internationales Anmeldedatum: 9. Oktober 2000 (09.10.2000) DRABAREK, Pawel [DE/DE]; Parkstrasse 16/5, 75233  
Tiefenbronn (DE).  
(25) Einreichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, SE).  
(30) Angaben zur Priorität:  
199 48 813.4 9. Oktober 1999 (09.10.1999) DE  
100 47 495.0 26. September 2000 (26.09.2000) DE  
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02  
20, 70442 Stuttgart (DE).  
Veröffentlicht:  
— Mit internationalem Recherchenbericht.  
— Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden  
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen  
eintreffen.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: INTERFEROMETRIC MEASURING DEVICE FOR FORM MEASUREMENT

(54) Bezeichnung: INTERFEROMETRISCHE MESSVORRICHTUNG ZUR FORMVERMESSUNG



WO 01/27558 A1

(57) Abstract: The invention relates to an interferometric measuring device for the form measurement, especially of rough surfaces of a measurement object (O). Said measuring device comprises a unit for producing a beam (SLD), said unit emitting a short-coherent beam, and a beam-splitting device (ST1) for producing a first and a second partial beam (T1, T2). The first partial beam is directed onto the measurement object (O) via an object light path and the second partial beam is directed onto a reflective reference plane (RSP) via a reference light path. The measuring device is further provided with a superimposition element on which the measuring beam coming from the measurement object (O) and the reference plane (RSP) are caused to interfere. An image converter (BS) that receives the superimposed radiation supplies corresponding signals to an evaluation device. For the purpose of measurement, the optical path length of the object light path relative to the optical path length of the reference light path is modified. The aim of the invention is to provide a device that allows an exact measurement of object surfaces in narrow cavities in all three dimensions and with a very high precision. To this end, an optical probe (OS, OSO) is disposed in the object light path and is provided with an optical system that produces at least one optical intermediate image.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung bezieht sich auf eine interferometrische Messvorrichtung zur Formvermessung insbesondere rauher Oberflächen eines Messobjekts (O) mit einer eine kurzkohärente Strahlung abgebenden Strahlungserzeugungseinheit (SLD), einem Strahlteiler (ST1) zum Bilden eines ersten und eines zweiten Teilstrahls (T1, T2), von denen der erste über einen Objektlichtweg zu dem Messobjekt (O) und der zweite über einen Referenzlichtweg zu einer reflektierenden Referenzebene (RSP) gerichtet ist, mit einem Überlagerungselement, an dem die von dem Messobjekt (O) und der Referenzebene (RSP) kommende Strahlung zur Überlagerung gebracht werden, und einem Bildwandler (BS), der die überlagerte Strahlung aufnimmt und entsprechende Signale einer Einrichtung zur Auswertung zuführt, wobei zur Messung die optische Weglänge des Objektlichtweges relativ zur optischen Weglänge des Referenzlichtweges geändert wird. Eine genaue Vermessung von Objektoberflächen in engen Hohlräumen in drei Dimensionen mit hoher Genauigkeit wird dadurch ermöglicht, dass in dem Objektlichtweg eine optische Sonde (OS, OSO) mit einer optischen Anordnung zum Erzeugen mindestens einer optischen Zwischenabbildung vorgesehen ist.

## Interferometrische Messvorrichtung zur Formvermessung

### Stand der Technik

Die Erfindung bezieht sich auf eine interferometrische Messvorrichtung zur Formvermessung insbesondere rauher Oberflächen eines Messobjekts mit einer  
eine kurzkohärente Strahlung abgebenden Strahlungserzeugungseinheit, einem  
5 Strahlteiler zum Bilden eines ersten und eines zweiten Teilstrahls, von denen der erste über einen Objektlichtweg zu dem Messobjekt und der zweite über einen Referenzlichtweg zu einer reflektierenden Referenzebene gerichtet ist, mit einem Überlagerungselement, an dem die von dem Messobjekt und der Referenzebene kommende Strahlung zur Überlagerung gebracht werden, und einem Bildwand-  
10 ler, der die überlagerte Strahlung aufnimmt und entsprechende Signale einer Einrichtung zur Auswertung zuführt, wobei zur Messung die optische Weglänge

5 des Objektlichtweges relativ zur optischen Weglänge des Referenzlichtweges geändert wird.

Eine derartige interferometrische Messvorrichtung ist in der DE 197 21 842 C2 angegeben. Bei dieser bekannten Messvorrichtung gibt eine Strahlungserzeugungseinheit, beispielsweise eine Leuchtdiode oder Superlumineszenzdiode, eine  
10 kurzkohärente Strahlung ab, die über einen Strahlteiler in einen ersten, über einen Objektlichtweg geführten Teilstrahl und einen zweiten, über einen Referenzlichtweg geführten Teilstrahl aufgeteilt wird. Der Referenzlichtweg wird mittels zweier Deflektorelemente und eines dahinter angeordneten, feststehenden  
15 Beugungsgitters durch Ansteuern der Deflektorelemente periodisch geändert, um die Objektoberfläche in Tiefenrichtung abzutasten. Wenn der Objektlichtweg und der Referenzlichtweg übereinstimmen, ergibt sich ein Maximum des Interferenzkontrasts, der mittels einer der Photodetektoreinrichtung nachgeschalteten Auswerteeinrichtung erkannt wird.

20 Eine vom Messprinzip (Weisslichtinterferometrie oder Kurzkohärenzinterferometrie) her entsprechende interferometrische Messvorrichtung ist auch in der DE 41 08 944 A1 angegeben. Hierbei wird zur Änderung des Lichtwegs in dem Referenzstrahlengang jedoch ein bewegter Spiegel verwendet. Bei diesem Verfahren  
25 wird die Oberfläche des Objektes auf die Fotodetektoreinrichtung mittels eines optischen Systems abgebildet, wobei es jedoch schwierig ist, in Hohlräumen Messungen vorzunehmen.

5 Zu weiteren derartigen interferometrischen Messvorrichtungen bzw. interfero-  
metrischen Messverfahren auf der Basis der Weißlichtinterferometrie wird auf P.  
de Groot, L. Deck, "Surface profiling by analysis of white-light interferograms in  
the spatial frequency domain" J. Mod. Opt., Vol. 42, No. 2, 389-401, 1995 und  
T. Maack, G. Notni, W. Schreiber, W.-D. Prenzel, "Endoskopisches 3-D-  
10 Formmesssystem", in Jahrbuch für Optik und Feinmechanik, Ed. W.-D. Prenzel,  
Verlag Schiele und Schoen, Berlin, 231-240, 1998 verwiesen.

Bei den genannten interferometrischen Messvorrichtungen bzw. Messverfahren  
besteht eine Schwierigkeit darin, Messungen in tiefen Hohlräumen bzw. engen  
15 Kanälen vorzunehmen. Ein Vorschlag für eine Messvorrichtung, in der mittels  
Weißlichtinterferometrie auch in Hohlräumen Messungen vorgenommen werden  
können, ist in der DE 197 21 843 C1 gezeigt. Hierbei ist vorgeschlagen, einen  
ersten Teilstrahl weiter in einen Referenz-Teilstrahl und mindestens einen Mess-  
Teilstrahl zu trennen, wobei ein weiterer Strahlteiler und der Referenzspiegel in  
20 einer gemeinsamen Messsonde angeordnet sind. Eine derartige Messsonde kann  
zwar in Hohlräume eingeführt werden, jedoch kann mit dieser Vorrichtung pro  
Messung im Wesentlichen nur eine kleine, punktartige Stelle der Oberfläche  
abgetastet werden. Um mehr Stellen der Oberfläche in Tiefenrichtung zu ver-  
messen, ist eine Relativbewegung zwischen Messobjekt und Messsonde erfor-  
25 derlich, wobei aber eine exakte laterale Zuordnung aufwendig und schwierig ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine interferometrische Messvorrich-  
tung der eingangs erwähnten Art bereitzustellen, mit der insbesondere in tiefen  
Hohlräumen vereinfachte Messungen mit hoher Genauigkeit ermöglicht werden.

5 Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruches 1 gelöst. Hiernach ist vorgesehen, dass in dem Objektlichtweg eine optische Sonde mit einer optischen Anordnung zum Erzeugen mindestens einer optischen Zwischenabbildung vorgesehen ist.

10 Durch die Zwischenabbildungen mittels der optischen Anordnung wird es, ähnlich einem Endoskop oder Boreskop möglich, die betrachtete Oberfläche außer mit hoher longitudinaler Auflösung auch mit einer hohen lateralen Auflösung über eine Strecke abzubilden, die groß ist gegenüber dem Durchmesser der abbildenden Optik. Die optische Sonde kann beispielsweise in Bohrungen von  
15 Ventilsitzen oder in Gefäße von Organismen für medizinische Messzwecke eingeführt werden. Im Gegensatz zu einem herkömmlichen Endoskop wird nun quantitative Tiefeninformation gewonnen. Eine vorteilhafte Ausführung besteht dabei darin, dass die mindestens eine Zwischenabbildung im Objektlichtweg erzeugt wird. Dabei wird dieselbe optische Anordnung zum Beleuchten der  
20 Messstelle auf dem Messobjekt und zum Übertragen der von dem Messobjekt kommenden Strahlung zu der Photodetektoreinrichtung genutzt, wenn vorgesehen ist, dass durch die optische Sonde sowohl die zu dem Messobjekt hin-  
führende als auch die von ihm zurückkommende Strahlung verlaufen.

25 Die optische Abbildung auf die Photodetektoreinrichtung kann dadurch verbessert werden, dass in dem Referenzlichtweg zum Kompensieren eines in der optischen Sonde vorhandenen Glasanteils hinsichtlich der Elemente für die Zwischenabbildung(en) eine gleiche weitere optische Sonde oder zumindest eine Glasanordnung vorgesehen ist.

5 Ein für die Handhabung günstiger Aufbau besteht darin, dass der optische Gang-  
unterschied zwischen dem ersten und zweiten Arm größer ist als die Kohärenz-  
länge der Strahlung, dass die von dem ersten Spiegel und dem reflektierenden  
Element kommende Strahlung mittels eines weiteren Strahlteils durch eine ge-  
meinsame optische Sonde geleitet sind (common path), dass in der optischen  
10 Sonde ein Referenzspiegel in einer solchen Entfernung von dem Messobjekt an-  
geordnet ist, dass der Gangunterschied zwischen dem ersten Spiegel und dem  
reflektierenden Element aufgehoben ist, und dass ein Teil der auf den Referenzspiegel auffallenden Strahlung zu der Photodetektoreinrichtung reflektiert  
und ein Teil zu dem Messobjekt durchgelassen und von dort zu der Photodetek-  
15 toreinrichtung reflektiert wird. Ein weiterer Vorteil besteht bei diesem Aufbau  
darin, dass Objekt- und Referenzswelle nahezu die identische Optik durchlaufen,  
wodurch sich Aberrationen weitgehend kompensieren. Außerdem ist diese An-  
ordnung robust gegen mechanische Erschütterungen. Zwei Ausführungsmöglich-  
keiten bestehen dabei darin, dass der Referenzspiegel auf einer Planplatte oder  
20 einem Prisma vorgesehen ist.

Die Handhabung kann dabei weiterhin dadurch erleichtert werden, dass  
zwischen dem Strahlteiler und dem weiteren Strahlteiler eine Faseroptik an-  
geordnet ist.

25 Auch bei diesem Aufbau ist eine Trennung im Wesentlichen in einen Sondenteil  
und einen Teil mit Modulationsanordnung verwirklicht, wobei die Handhabung  
ebenfalls begünstigt wird.

5 Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel einer interferometrischen Messvorrichtung mit einer optischen Sonde in einem Messlichtweg,

10

Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel, bei dem sowohl im Messlichtweg als auch im Referenzlichtweg eine optische Sonde vorgesehen sind,

Fig. 3 einen Aufbau der interferometrischen Messvorrichtung mit einem gemeinsamen Referenz- und Messlichtweg,

15

Fig. 4 ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem gegenüber dem Aufbau nach Fig. 3 zwischen einem ersten und einem weiteren Strahlteiler eine Faseroptik vorgesehen ist und

20

Fig. 5 ein weiteres Aufbaubeispiel der interferometrischen Messvorrichtung.

25

Fig. 1 zeigt eine interferometrische Messvorrichtung mit einer eine kurzkohärente Strahlung abgebenden Strahlungserzeugungseinheit SLD, wie z.B. einer Leuchtdiode oder Superlumineszenzdiode, deren Strahlung mittels eines Strahlteilers ST1 in einen ersten Teilstrahl T1 eines Messlichtwegs und einen zweiten Teilstrahl T2 eines Referenzlichtwegs aufgeteilt wird. Der Aufbau entspricht einem



5        Michelson-Interferometer. In dem Referenzlichtweg wird der zweite Teilstrahl von einer Referenzebene in Form eines Referenzspiegels RSP reflektiert, wobei der Referenzlichtweg beispielsweise durch Bewegen des Referenzspiegels RSP oder mittels akkustooptischer Deflektoren, wie in der eingangs erwähnten DE 197 21 842 C2 beschrieben, periodisch geändert wird. Wird die Änderung des  
10        Lichtwegs mit zwei akusto-optischen Deflektoren vorgenommen, so erübrigt sich ein mechanisch bewegtes reflektierendes Element, sondern stattdessen kann ein feststehendes Element, insbesondere ein Gitter, verwendet werden. Mittels eines Glasblocks G kann bei Bedarf die Dispersion einer in dem Objektlichtweg angeordneten optischen Sonde OSO korrigiert werden.

15        In dem Objektlichtweg wird die Strahlung in die optische Sonde OSO eingekoppelt, so dass die Strahlung eine zu vermessende Oberfläche eines Messobjekts O beleuchtet. Die Objektoberfläche wird durch die optische Sonde OSO über eine oder mehrere Zwischenabbildungen auf eine Photodetektoreinrichtung in  
20        Form eines Bildwandlers bzw. Bildsensors BS, beispielsweise eine CCD-Kamera abgebildet. Das Bild des Messobjekts O auf dem Bildsensor BS wird mit der Referenzwelle des zweiten Teilstrahls überlagert. Im Bild des Messobjekts O tritt hoher Interferenzkontrast dann auf, wenn ein Gangunterschied in dem Referenzlichtweg und dem Messlichtweg kleiner als die Kohärenzlänge ist. Das  
25        Messprinzip beruht dabei auf Weißlichtinterferometrie (Kurzkohärenzinterferometrie), wie sie in den eingangs erwähnten Druckschriften näher beschrieben ist. Die Länge des Referenzlichtwegs wird über den gesamten Messbereich zum Abtasten in Tiefenrichtung der zu vermessenden Oberfläche variiert, wobei für jeden Messpunkt die Länge des Referenzlichtwegs detektiert wird, bei

5       welchem der höchste Interferenzkontrast auftritt. Durch die Zwischenabbildungen wird es ermöglicht, die Oberfläche des Messobjekts mit einer hohen lateralen Auflösung über eine Strecke abzubilden, die groß ist gegenüber dem Durchmesser der abbildenden Optik. Die optische Sonde OSO ähnelt einem Endoskop bzw. Boreskop, wobei jedoch die Beleuchtung und die Rückführung der  
10       von der Messoberfläche kommende Strahlung über dieselbe optische Anordnung über zumindest eine Zwischenabbildung erfolgen. In Fig. 1 sind als weitere Abbildungselemente schematisch einige Linsen L dargestellt. Die eigentlichen Zwischenabbildungen werden in der optischen Sonde OSO erzeugt.

15       Für Anwendungen, in welchen eine genaue Kompensation des Einflusses der abbildenden Linsen der optischen Sonde OSO notwendig ist, wird auch in dem Referenzlichtweg bzw. Referenzarm zwischen dem Strahlteiler ST1 und dem Referenzspiegel RSP die gleiche optische Sonde OSR integriert, wie in dem Objektlichtweg zwischen dem Strahlteiler ST1 und dem Messobjekt O, wie in Fig. 2  
20       dargestellt.

In einem abgewandelten Aufbau gemäß Fig. 3 lässt sich die interferometrische Messvorrichtung auch als Anordnung mit einem gemeinsamen Referenz- und Messarm (Common Path-Anordnung) verwirklichen. Die interferometrische  
25       Messvorrichtung wird wieder mit einer kurzkohärenten (breitbandigen) Strahlungserzeugungseinheit beleuchtet. Der Strahlteiler ST1 teilt das Licht in zwei Armen in den ersten Teilstrahl T1 und den zweiten Teilstrahl T2, wobei der erste Teilstrahl T1 auf einen ersten, feststehenden Spiegel SP1 und der zweite Teilstrahl T2 auf das reflektierende Element RSP in Form des Referenzspiegels fällt.

5 Der optische Gangunterschied zwischen den so gebildeten Armen ist größer als die Kohärenzlänge der von der Strahlungserzeugungseinheit SLD erzeugten Strahlung. Von den beiden Spiegeln SP1 und RSP aus wird die reflektierte Strahlung über den Strahlteiler ST1 und einen weiteren Strahlteiler ST2 in die optische Sonde OS eingespeist. Die Besonderheit dieses Aufbaus ist, dass sich ein  
10 Referenzspiegel RSP2 in der optischen Sonde OS selbst befindet.

Ein Teil der Strahlung wird an diesem Referenzspiegel RSP2 reflektiert, während der andere Teil der Strahlung die zu vermessende Oberfläche beleuchtet. Der Referenzspiegel RSP2 kann auf einer Planplatte aufgebracht sein oder auf einem  
15 Prisma. Durch die Verwendung eines Prismas kann die Wellenfront der die Objektfläche beleuchtenden Strahlung, d.h. der Objektwelle an die Geometrie (z.B. Neigung) der zu vermessenden Oberfläche angepasst werden. Das Messobjekt O wird mittels der optischen Sonde OS wiederum über eine oder mehrere Zwischenabbildungen auf den Bildsensor BS abgebildet und mit der Referenzwelle überlagert. Zur Gewinnung der Höheninformation wird das reflektierende  
20 Element RSP über den Messbereich verfahren oder die Änderung des Lichtwegs wie vorstehend beschrieben vorgenommen. In dem Bild des Messobjekts O tritt hoher Interferenzkontrast dann auf, wenn der Gangunterschied zwischen dem feststehenden Spiegel SP1 und dem reflektierenden Element RSP bzw. der Lichtwege der beiden Arme genau dem optischen Gangunterschied zwischen dem  
25 Referenzspiegel RSP2 und dem Messobjekt O ist. Zur Gewinnung des Höhenprofils werden bekannte Verfahren zur Detektion des höchsten Interferenzkontrastes in jedem Bildpunkt (Pixel) verwendet. Dieser Aufbau hat den Vorteil, dass

5        Objekt- und Referenzwelle nahezu die identische Optik durchlaufen, wodurch sich Aberrationen weitgehend kompensieren. Außerdem ist diese Anordnung robuster gegen mechanische Erschütterungen.

10        Für eine noch einfachere Handhabung der Messvorrichtung kann die Strahlung des Strahlteilers ST1 auch mittels einer Faseroptik LF zu dem weiteren Strahlteiler ST1 übertragen werden, wie in Fig. 4 dargestellt.

15        Ein weiterer alternativer Aufbau ist in Fig. 5 dargestellt. Alternativ zu dem Aufbau mit dem gemeinsamen Referenz- und Messlichtweg gemäß den Fig. 3 und 4 ist eine kombinierte Mach-Zehnder-Michelson-Anordnung vorgesehen. Wieder wird eine breitbandige Strahlungserzeugungseinheit SLD verwendet, deren Strahlung in eine Faseroptik eingekoppelt wird. Der erste Strahlteiler ST1 teilt die Strahlung in einen Objektarm OA und Referenzarm RA auf. In dem Objektarm OA wird der erste Teilstrahl T1 aus der entsprechenden Lichtleitfaser ausgekoppelt und über den weiteren Strahlteiler ST2 in die optische Sonde OSO eingekoppelt, so dass die zu vermessende Oberfläche des Messobjekts O beleuchtet wird. Die Objektoberfläche wird durch die optische Sonde OSO über eine oder mehrere Zwischenabbildungen auf dem Bildsensor BS abgebildet. In dem Referenzarm RA wird das Licht aus der entsprechenden Lichtleitfaser ausgekoppelt, durchläuft dann, wenn nötig, die gleiche optische Sonde OSR wie sie in dem Objektarm OA eingesetzt ist und wird an einem zweiten Faserkoppler R2 wieder in eine dort angeordnete Lichtleitfaser eingekoppelt. Über die Lichtleitfaser gelangt die Referenzwelle bis zu dem weiteren Strahlteiler ST2. Dort wird sie ausgekoppelt und über den weiteren Strahlteiler ST2 auf dem Bildsensor

20

25

- 5        BS mit der Objektwelle überlagert. In beiden Armen müssen die optischen Wege in der Luft, den optischen Sonden OSO bzw. OSR sowie in den Lichtleitfasern abgeglichen sein. Die Durchstimmung der Weglänge im Referenzarm RA erfolgt hier z.B. durch Verschiebung des zweiten Faserkopplers R2, so dass sich der optische Luftweg im Referenzarm ändert.

5

10

## Ansprüche

- 15        1.    Interferometrische Messvorrichtung zur Formvermessung insbesondere  
              rauer Oberflächen eines Messobjekts (O) mit einer eine kurzkohärente  
              Strahlung abgebenden Strahlungserzeugungseinheit (SLD), einem Strahl-  
              teiler (ST1) zum Bilden eines ersten und eines zweiten Teilstrahls (T1,  
20        T2), von denen der erste über einen Objektlichtweg zu dem Messobjekt  
              (O) und der zweite über einen Referenzlichtweg zu einer reflektierenden  
              Referenzebene (RSP) gerichtet ist, mit einem Überlagerungselement, an  
              dem die von dem Messobjekt (O) und der Referenzebene (RSP) kommen-  
              de Strahlung zur Überlagerung gebracht werden, und einem Bildwandler  
              (BS), der die überlagerte Strahlung aufnimmt und entsprechende Signale  
25        einer Einrichtung zur Auswertung zuführt, wobei zur Messung die opti-  
              sche Weglänge des Objektlichtweges relativ zur optischen Weglänge des  
              Referenzlichtweges geändert wird,  
              dadurch gekennzeichnet,

- 5            dass in dem Objektlichtweg eine optische Sonde (OS, OSO) mit einer optischen Anordnung zum Erzeugen mindestens einer optischen Zwischenabbildung vorgesehen ist.
2.    Messvorrichtung nach Anspruch 1,  
10            dadurch gekennzeichnet,  
          dass die mindestens eine Zwischenabbildung im Objektlichtweg erzeugt wird.
3.    Messvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,  
15            dadurch gekennzeichnet,  
          dass durch die optische Sonde (OS, OSO) sowohl die zu dem Messobjekt (O) hinführende als auch die von ihm zurückkommende Strahlung verlaufen.
- 20    4.    Messvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
          dadurch gekennzeichnet,  
          dass in dem Referenzlichtweg zum Kompensieren eines in der optischen Sonde (OSO) vorhandenen Glasanteils hinsichtlich der Elemente für die Zwischenabbildung(en) eine gleiche weitere optische Sonde (OSR) oder  
25            zumindest eine Glasanordnung vorgesehen ist.
5.    Messvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
          dadurch gekennzeichnet,  
          dass der von dem Strahlteiler (ST1) gebildete erste Teilstrahl (T1)  
30            zunächst über einen ersten Arm auf einen feststehenden ersten Spiegel

5 (SP1) gerichtet ist, während der zweite Teilstrahl (T2) über einen zweiten Arm auf das reflektierende Element (RSP) gerichtet ist, dass der optische Gangunterschied zwischen dem ersten und zweiten Arm größer ist als die Kohärenzlänge der Strahlung, dass die von dem ersten Spiegel (SP1) und dem reflektierenden Element  
10 (RSP) kommende Strahlung mittels eines weiteren Strahlteilers (ST2) durch eine gemeinsame optische Sonde (OSO) geleitet sind, dass in der optischen Sonde (OSO) ein Referenzspiegel (RSP2) in einer solchen Entfernung von dem Messobjekt (O) angeordnet ist, dass der Gangunterschied zwischen dem ersten Spiegel (SP1) und dem  
15 reflektierenden Element (RSP) aufgehoben ist, und dass ein Teil der auf den Referenzspiegel (RSP2) auffallenden Strahlung zu der Photodetektoreinrichtung (BS) reflektiert und ein Teil zu dem Messobjekt (O) durchgelassen und von dort zu der Photodetektoreinrichtung (BS) reflektiert wird.

20 6. Messvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Referenzspiegel (RSP2) auf einer Planplatte oder einem Prisma vorgesehen ist.

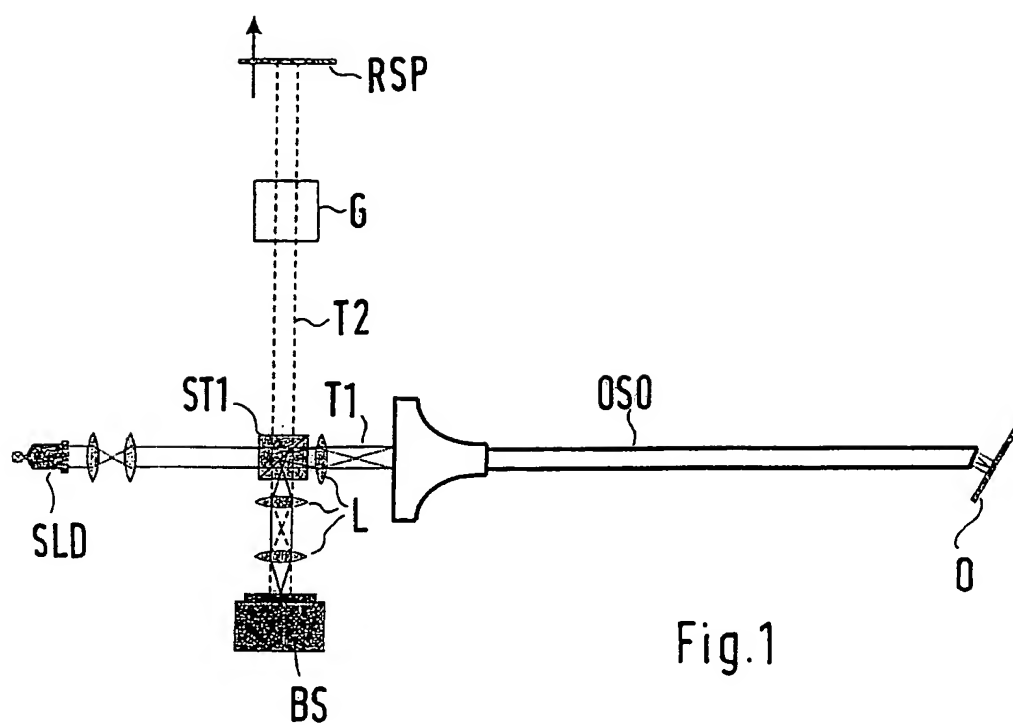
25 7. Messvorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Strahlteiler (ST1) und dem weiteren Strahlteiler (ST2) eine Faseroptik (LF) angeordnet ist.

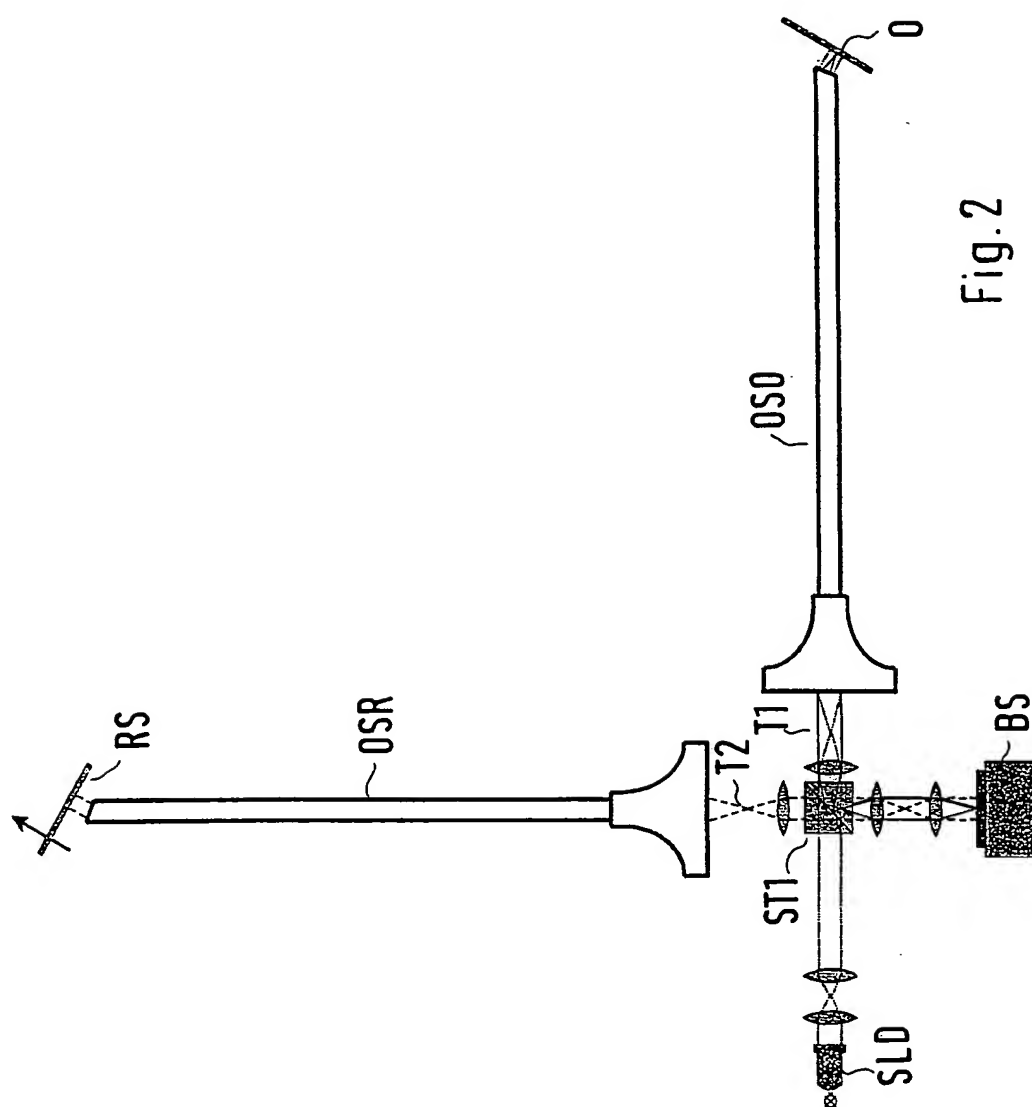
30



- 5        8.    Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
          dadurch gekennzeichnet,  
          dass die von der Strahlungserzeugungseinheit (SLD) abgegebene Strah-  
          lung in eine Faseroptik eingekoppelt und anschließend von dem Strahltei-  
          ler (ST1) in den ersten und zweiten Teilstrahl (T1, T2) aufgeteilt wird,  
10        dass der erste Teilstrahl (T1) in einem Objektarm (OA) aus der Faseroptik  
          ausgekoppelt und über einen weiteren Strahlteiler (ST2) in die optische  
          Sonde (OSO) eingekoppelt und zu dem Messobjekt (O) geführt wird, von  
          der die Strahlung über die optische Anordnung (L; L1 - L5; L6) auf die  
          Photodetektoreinrichtung (BS) geführt wird,  
15        dass der zweite Teilstrahl (T2) in einem Referenzarm (RA) aus der Faser-  
          optik des Referenzarms (RA) ausgekoppelt wird, die weitere optische Son-  
          de (OSR) durchläuft, über eine weitere Faseroptik zu dem weiteren Strahl-  
          teiler (ST2) und von dort auf den Bildwandler (BS) geführt wird zur Über-  
          lagerung mit der von dem Messobjekt (O) kommenden Strahlung.

1/5





3/5

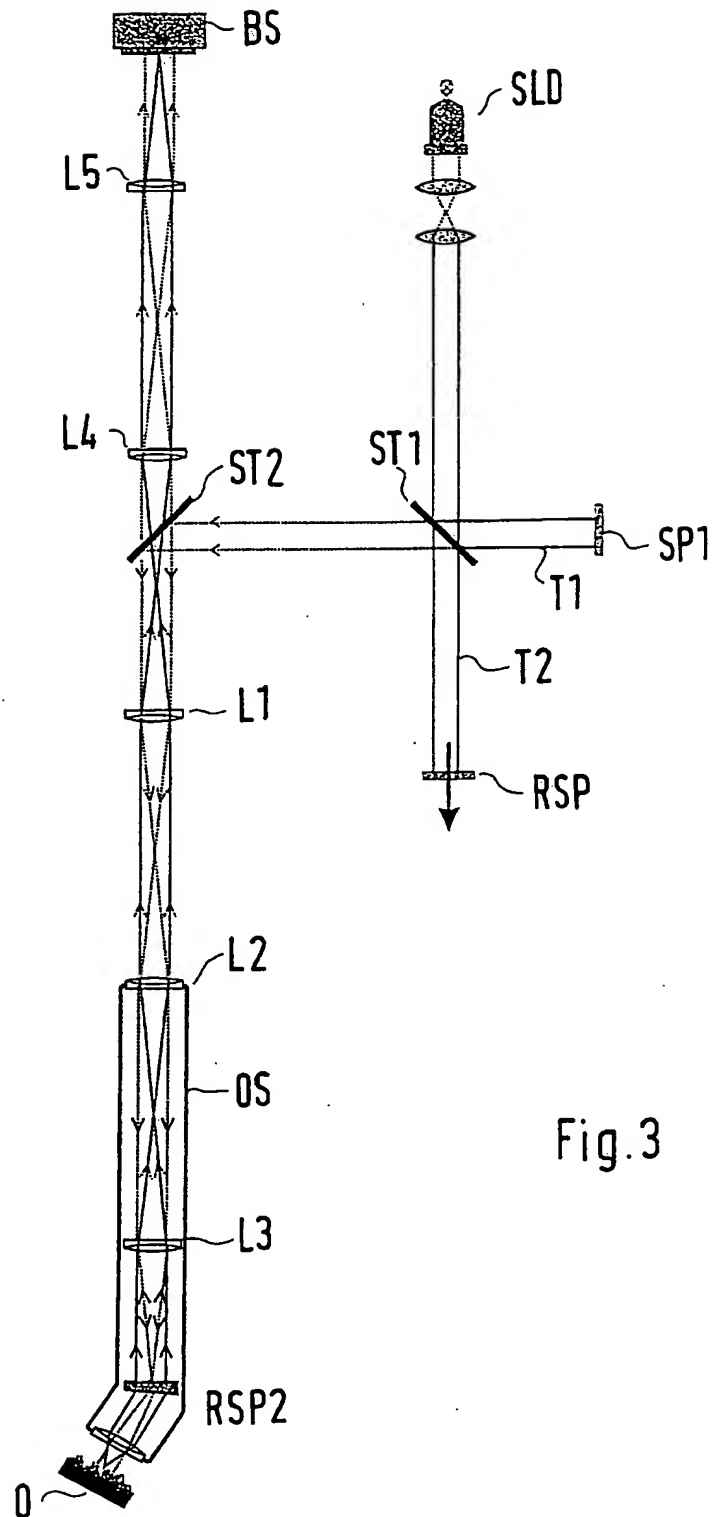


Fig. 3

4/5

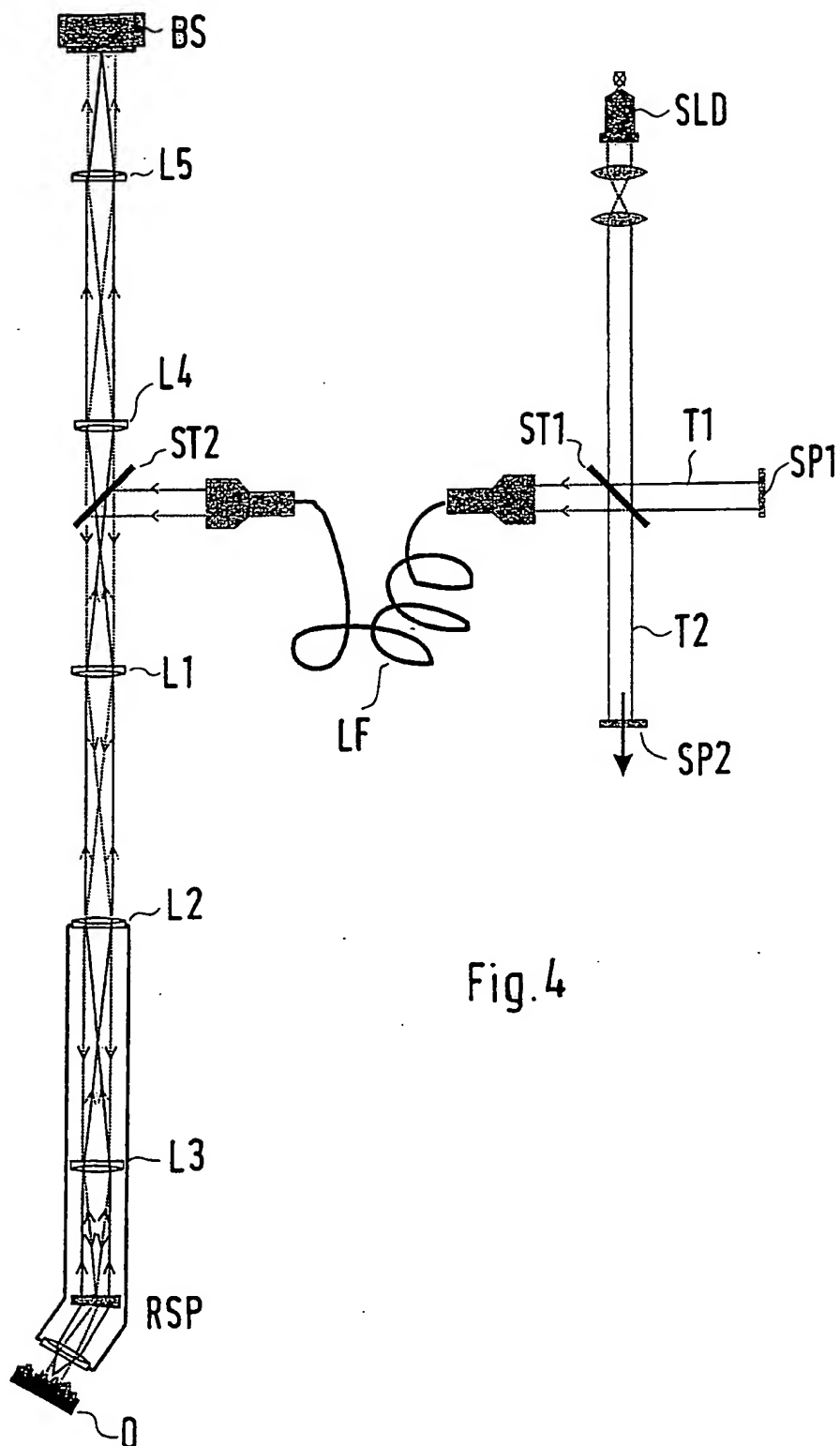


Fig. 4

5/5

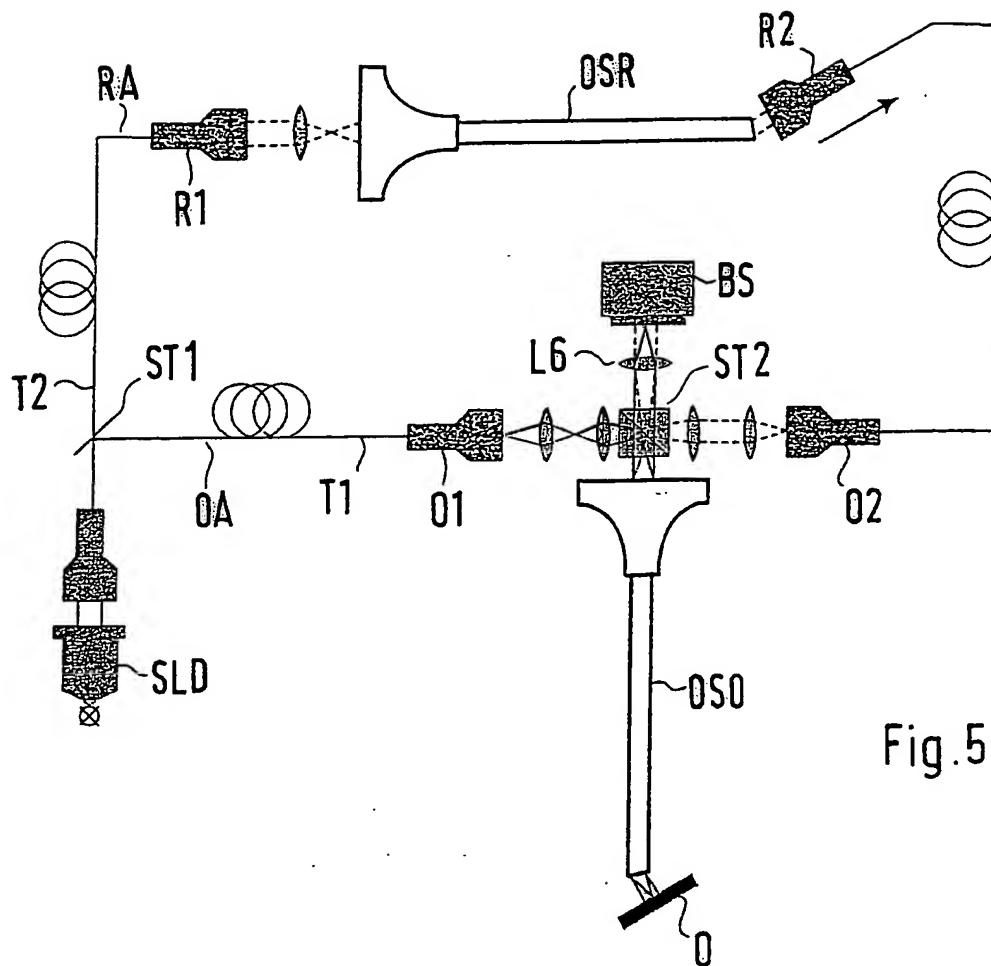


Fig. 5

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 00/03547

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 G01B11/30

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01B G02B A61B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 197 21 842 A (BOSCH GMBH ROBERT) 3 December 1998 (1998-12-03) cited in the application the whole document ---	1
A	DE 41 08 944 A (HAEUSLER GERD) 24 September 1992 (1992-09-24) cited in the application the whole document ---	1
A	US 5 933 237 A (DRABAREK PAWEL) 3 August 1999 (1999-08-03) cited in the application the whole document ---	1
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 February 2001

Date of mailing of the international search report

21/02/2001

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Arca, G

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int ernational Application No

PCT/DE 00/03547

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 92 19930 A (MASSACHUSETTS INST TECHNOLOGY ;SWANSON ERIC A (US)) 12 November 1992 (1992-11-12) figures 3-6 ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 327 (P-1240), 20 August 1991 (1991-08-20) & JP 03 120436 A (ASAHI OPTICAL CO LTD), 22 May 1991 (1991-05-22) abstract ---	1
A	DE 196 25 830 A (STEINCHEN WOLFGANG PROF DR ING) 2 January 1998 (1998-01-02) abstract ---	1
A	US 5 493 398 A (PFISTER KLAUS) 20 February 1996 (1996-02-20) abstract ---	1
A	US 5 155 363 A (STEINBICHLER HANS ET AL) 13 October 1992 (1992-10-13) figure 10 ---	1
A	US 3 849 003 A (VELZEL C) 19 November 1974 (1974-11-19) the whole document -----	1



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/03547

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19721842 A	03-12-1998	GB 2325737 A,B JP 10332354 A	02-12-1998 18-12-1998
DE 4108944 A	24-09-1992	NONE	
US 5933237 A	03-08-1999	DE 19721843 C GB 2325738 A,B JP 11006720 A	11-02-1999 02-12-1998 12-01-1999
WO 9219930 A	12-11-1992	DE 69227902 D DE 69227902 T EP 0581871 A JP 6511312 T US 5459570 A US 6111645 A US 5465147 A US 6160826 A US 6134003 A US 5321501 A US 5956355 A	28-01-1999 17-06-1999 09-02-1994 15-12-1994 17-10-1995 29-08-2000 07-11-1995 12-12-2000 17-10-2000 14-06-1994 21-09-1999
JP 03120436 A	22-05-1991	JP 2902417 B	07-06-1999
DE 19625830 A	02-01-1998	DE 4446887 A	04-07-1996
US 5493398 A	20-02-1996	DE 4206151 A DE 4310281 A WO 9317311 A DE 59306745 D EP 0628159 A	23-09-1993 06-10-1994 02-09-1993 17-07-1997 14-12-1994
US 5155363 A	13-10-1992	DE 3930632 A AT 106557 T DE 9017720 U DE 59005914 D EP 0419936 A JP 3175327 A	14-03-1991 15-06-1994 14-11-1991 07-07-1994 03-04-1991 30-07-1991
US 3849003 A	19-11-1974	NL 7004247 A DE 2112229 A FR 2088257 A GB 1350440 A JP 53002076 B	28-09-1971 14-10-1971 07-01-1972 18-04-1974 25-01-1978

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. nationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/03547

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 G01B11/30

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01B G02B A61B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 197 21 842 A (BOSCH GMBH ROBERT) 3. Dezember 1998 (1998-12-03) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument ---	1
A	DE 41 08 944 A (HAEUSLER GERD) 24. September 1992 (1992-09-24) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument ---	1
A	US 5 933 237 A (DRABAREK PAWEL) 3. August 1999 (1999-08-03) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument ---	1
-/-		

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

\*G\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

13. Februar 2001

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

21/02/2001

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Arca, G

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int.ionales Aktenzeichen

PCT/DE 00/03547

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 92 19930 A (MASSACHUSETTS INST TECHNOLOGY ;SWANSON ERIC A (US)) 12. November 1992 (1992-11-12) Abbildungen 3-6 ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 327 (P-1240), 20. August 1991 (1991-08-20) & JP 03 120436 A (ASAHI OPTICAL CO LTD), 22. Mai 1991 (1991-05-22) Zusammenfassung ---	1
A	DE 196 25 830 A (STEINCHEN WOLFGANG PROF DR ING) 2. Januar 1998 (1998-01-02) Zusammenfassung ---	1
A	US 5 493 398 A (PFISTER KLAUS) 20. Februar 1996 (1996-02-20) Zusammenfassung ---	1
A	US 5 155 363 A (STEINBICHLER HANS ET AL) 13. Oktober 1992 (1992-10-13) Abbildung 10 ---	1
A	US 3 849 003 A (VELZEL C) 19. November 1974 (1974-11-19) das ganze Dokument -----	1

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/03547

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19721842 A	03-12-1998	GB 2325737 A,B JP 10332354 A	02-12-1998 18-12-1998
DE 4108944 A	24-09-1992	KEINE	
US 5933237 A	03-08-1999	DE 19721843 C GB 2325738 A,B JP 11006720 A	11-02-1999 02-12-1998 12-01-1999
WO 9219930 A	12-11-1992	DE 69227902 D DE 69227902 T EP 0581871 A JP 6511312 T US 5459570 A US 6111645 A US 5465147 A US 6160826 A US 6134003 A US 5321501 A US 5956355 A	28-01-1999 17-06-1999 09-02-1994 15-12-1994 17-10-1995 29-08-2000 07-11-1995 12-12-2000 17-10-2000 14-06-1994 21-09-1999
JP 03120436 A	22-05-1991	JP 2902417 B	07-06-1999
DE 19625830 A	02-01-1998	DE 4446887 A	04-07-1996
US 5493398 A	20-02-1996	DE 4206151 A DE 4310281 A WO 9317311 A DE 59306745 D EP 0628159 A	23-09-1993 06-10-1994 02-09-1993 17-07-1997 14-12-1994
US 5155363 A	13-10-1992	DE 3930632 A AT 106557 T DE 9017720 U DE 59005914 D EP 0419936 A JP 3175327 A	14-03-1991 15-06-1994 14-11-1991 07-07-1994 03-04-1991 30-07-1991
US 3849003 A	19-11-1974	NL 7004247 A DE 2112229 A FR 2088257 A GB 1350440 A JP 53002076 B	28-09-1971 14-10-1971 07-01-1972 18-04-1974 25-01-1978